

ALUMINUM WIRING IN SEMICONDUCTOR DEVICE

Requested Patent: JP6349833A

Publication date: 1994-12-22

Inventor(s):

SUGANO YUKIYASU;
TAGUCHI MITSURU; KOYAMA KAZUhide
+
TAGUCHI MITSURU, ; KOYAMA KAZUhide)
(SUGANO YUKIYASU, ;

Applicant(s):

SONY CORP + (SONY CORP)

Application number: JP19930156322

Application date: 1993-06-03

Priority number(s): JP19930156322 19930603

IPC:

H01L21/203; H01L21/3205; H01L23/52; H01L21/02; H01L23/52;
(IPC1-7): H01L21/203; H01L21/3205

ABSTRACT:

PURPOSE:To improve reliability regarding electrical connection with a lower conductor layer without generating cracks in an insulation layer formed on a wiring when applying thermal treatment to a semiconductor device after wiring formation by laminating an aluminum layer and a titanium-aluminum alloy layer.

CONSTITUTION:While an aluminum layer 20 is deposited by high temperature aluminum sputtering method, a titanium-aluminum alloy 30 is formed. The titanium-aluminum alloy layer 30 has gamma phase structure which contains aluminum of 50 to 58 atomic %. An aluminum wiring 22 has two-layer structure of the the titanium-aluminum alloy 30 and the aluminum layer 20 formed thereon. A titanium layer does not thereby exist unlike a wiring structure formed by a conventional aluminum sputtering method, and generation of cracks of an upper layer insulation layer or lowering of reliability of electrical connection between the lower layer conductor line and a connection hole can be prevented.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-349833

(43) 公開日 平成6年(1994)12月22日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/3205				
// H 0 1 L 21/203	S	8122-4M		
		7514-4M	H 0 1 L 21/ 88	N
		7514-4M		R

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平5-156322

(22) 出願日 平成5年(1993)6月3日

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社
東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 菅野 幸保

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72) 発明者 田口 充

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

(72) 発明者 小山 一英

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ
ー株式会社内

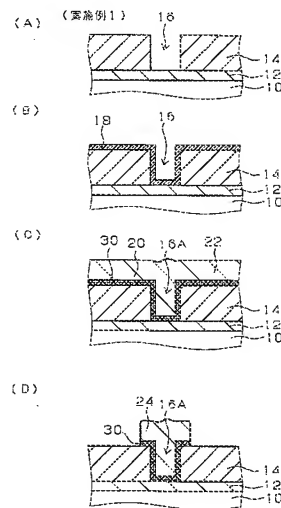
(74) 代理人 弁理士 山本 孝久

(54) 【発明の名称】 半導体装置におけるアルミニウム系配線

(57) 【要約】

【目的】アルミニウムスパック法によって形成される半導体装置におけるアルミニウム系配線であって、配線形成後に半導体装置に熱処理を施した時、かかる配線に形成された絶縁層にクラックが発生することがなく、しかも下層導体層との電気的接続に関して高い信頼性を有するアルミニウム系配線を提供する。

【構成】アルミニウム系配線は、アルミニウム層及びチタン-アルミニウム合金層が積層されて成る。チタン-アルミニウム合金層は、アルミニウムを50乃至58atomic%含むα相構造を有することが望ましい。



【特許請求の範囲】

【請求項1】アルミニウム層及びチタン-アルミニウム合金層が積層されて成ることを特徴とする、半導体装置におけるアルミニウム系配線。

【請求項2】前記チタン-アルミニウム合金層は、アルミニウムを50乃至58atomic%含む相構造を有することを特徴とする請求項1に記載の半導体装置におけるアルミニウム系配線。

【請求項3】アルミニウム層の上にチタン-アルミニウム合金層が積層されて成ることを特徴とする、請求項1又は請求項2に記載の半導体装置におけるアルミニウム系配線。

【請求項4】チタン-アルミニウム合金層の上にアルミニウム層が積層されて成ることを特徴とする、請求項1又は請求項2に記載の半導体装置におけるアルミニウム系配線。

【請求項5】チタン-アルミニウム合金層の上にアルミニウム層が積層され、更にその上にチタン-アルミニウム合金層が積層されて成ることを特徴とする、請求項1又は請求項2に記載の半導体装置におけるアルミニウム系配線。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、アルミニウムスパッタ法によって形成された半導体装置におけるアルミニウム系配線に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置には多数のコンタクトホール、スルーホールあるいはビヤホール（以下、これらを総称して接続孔ともいう）が形成されている。通常、接続孔は、半導体基板から成る基体に形成された拡散層、各種電極あるいは下層配線層（以下、これらを総称して下層導体層ともいう）上に絶縁層を形成し、かかる絶縁層に開口部を設けた後、開口部に金属配線材料を埋め込むことによって形成される。半導体装置の高集積化に伴い、半導体製造プロセスの寸法ルールも微細化しつつあり、高いアスペクト比を有する開口部を金属配線材料で埋め込む技術が重要な課題となっている。

【0003】開口部を金属配線材料で埋め込む方法として、一般には、純アルミニウムあるいはアルミニウム合金（以下、A1系合金ともいう）を用いたスパッタ法が採用されている。然るに、このスパッタ法においては、開口部のアスペクト比が高くなるに従い、A1系合金から成るスパッタ粒子が所謂シャドウイング効果によって開口部底部あるいはその近傍の開口部側壁に堆積し難くなる。ここで、シャドウイング効果とは、A1系合金から成るスパッタ粒子が開口部の側壁あるいは底部に形成される光学的に影の部分には堆積され難い現象を指す。その結果、開口部底部あるいはその近傍の開口部側壁におけるA1系合金のステップカバレッジが悪くなり、か

かる部分で断線不良が発生し易くなるという問題がある。

【0004】このような問題を解決する一手段として、A1系合金を金属配線材料として用いる所謂高温アルミニウムスパッタ法が検討されている。この高温アルミニウムスパッタ法は、A1系合金をスパッタする際、半導体基板等の基体を高温（400°C〜500°Cの温度）に加熱しておき、絶縁層上に堆積したA1系合金を流動状態とさせて開口部内に流入させ、開口部をA1系合金で埋め込む技術である。尚、基体にバイアス電圧を印加しながら高温スパッタを行う高温バイアススパッタ法も、本明細書における高温アルミニウムスパッタ法に包含される。これらを総称して単に高温アルミニウムスパッタ法ともいう。

【0005】高温アルミニウムスパッタ法において、チタン（Ti）等のA1系合金と濡れ性の良い材料を下地として形成すると、成膜中のA1系合金と下地であるTi層との間の界面反応が良好に進行するため、A1系合金の開口部への埋め込み特性が向上することが知られている。

【0006】従来の高温アルミニウムスパッタ法による絶縁層上のアルミニウム系配線の形成及び接続孔の形成方法の概要を、半導体素子の模式的な一部断面図である図4を参照して、以下、説明する。

【0007】〔工程-10〕先ず、絶縁層から成る基体10上に、SiO₂から成る厚さ500nmの絶縁層14をCVD法にて形成し、次いで、下層導体層上の絶縁層14に例えばRLE法で開口部16を形成する（図4の（A）参照）。尚、絶縁層から成る基体10には、A1系合金から構成された下層配線層である下層導体層12が形成されている。

【0008】〔工程-20〕その後、次の工程で形成されるアルミニウム層の濡れ性改善のために、下地層18をスパッタ法にて開口部16内を含む絶縁層14全面に形成する。下地層18は、例えば、100nm厚さのTi膜から成る（図4の（B）参照）。

【0009】〔工程-30〕次いで、基体10を例えば約480°Cに加熱した状態で、高温アルミニウムスパッタ法にてアルミニウム層（例えばA1-1%A1）20を開口部16内を含む全面に堆積させる。絶縁層14上に堆積したアルミニウム層20は流動状態となり、開口部16内に流入し、開口部16はA1系合金で確実に埋め込まれる。この際、下地層18中のTiとA1系合金中のA1とが反応して、下地層18とアルミニウム層20の間にはTi₃A₁から成る合金層18Aが形成される。こうして、絶縁層14上には、Tiから成る下地層18、Ti₃A₁から成る合金層18A、及びアルミニウム層20が積層されたアルミニウム系配線22が形成される（図4の（C）参照）。また、開口部16内に下地層18、合金層18A、及びアルミニウム層20が

埋め込まれた接続孔16Aが形成される。次いで、アルミニウム系配線22をパターンニングして所望の配線24を完成させる(図4の(D)参照)。

【0010】このような配線構造は、配線24の信頼性向上の観点からも好ましい。即ち、アルミニウム層20に断線が発生しても、下地層18によって導通がとれるので、完全な断線には至らない。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】アルミニウムスパッタ法においては、下地層18が不可欠である。ところが、下地層18中のTiとアルミニウム層20中のAlとの反応によって生じたTiAl₃から成る合金層18Aには引っ張り応力が発生する。また、この反応における拡散種はAlである。

【0012】従って、図5に示すように、配線24を形成し、その上に上層絶縁層26を形成した後に、熱処理を行うと、下地層18中のTiとアルミニウム層20中のAlとの反応が進行し、合金層18Aによる引っ張り応力によって上層絶縁層26にクラックが発生するという問題がある。また、下層導体層12がAl系合金から成る場合には、例えば信頼性試験において、かかる下層導体層12中のAlが下地層18中のTiと反応し、下層導体層12中のAlが下地層18に引き上げられる。その結果、下層導体層12にはボイド12Aが形成され、下層導体層12と接続孔16Aとの間の電気的な接続の信頼性が低下するという問題もある。

【0013】従って、本発明の目的は、アルミニウムスパッタ法によって形成される半導体装置におけるアルミニウム系配線であって、配線形成後に半導体装置に熱処理を施した時、かかる配線上に形成された絶縁層にクラックが発生することがなく、しかも下層導体層との電気的接続に関して高い信頼性を有するアルミニウム系配線を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、アルミニウム層及びチタン-アルミニウム合金層が積層されて成ることを特徴とする、本発明の半導体装置におけるアルミニウム系配線によって達成することができる。尚、ここで、アルミニウム層は、純アルミニウムあるいはAl-Si、Al-Si-Cu等のアルミニウム合金から構成することができる。

【0015】本発明においては、前記チタン-アルミニウム合金層は、アルミニウムを50乃至58atomic%含む相構造を有することが望ましい。

【0016】アルミニウム系配線の構造は、アルミニウム層の上にチタン-アルミニウム合金層が積層された構造、あるいは、チタン-アルミニウム合金層の上にアルミニウム層が積層された構造、あるいは、チタン-アルミニウム合金層の上にアルミニウム層が積層され、更にその上にチタン-アルミニウム合金層が積層された構造

である。

【0017】

【作用】本発明においては、従来のアルミニウムスパッタ法にて形成される配線構造のようにチタン層が存在しない。従って、配線を形成した後に半導体装置に熱処理を施しても、チタンとアルミニウム層中のアルミニウムが反応することがない。それ故、従来の技術において説明した、上層絶縁層におけるクラックの発生、あるいは下層導体層と接続孔との間の電気的接続の信頼性の低下を防止することができる。

【0018】

【実施例】以下、図面を参照して、実施例に基づき本発明を説明する。

【0019】(実施例1)実施例1においては、高温アルミニウムスパッタ法によるアルミニウム層の堆積と同時に、チタン-アルミニウム合金層を形成する。アルミニウム系配線は、チタン-アルミニウム合金、及びその上に形成されたアルミニウム層の2層構造を有する。実施例1のアルミニウム系配線の形成方法を、半導体素子の模式的な一部断面図である図1を参照して、以下、説明する。

【0020】[工程-100]従来の方法で、シリコン半導体基板上に各種半導体素子を形成し、かかる半導体素子上に絶縁層を形成した後、絶縁層上にAl系合金から構成された下層配線層である下層導体層12を形成する。次いで、下層導体層12が形成されたかかる絶縁層から成る基体10上に、SiO₂から成る例えば厚さ500nmの絶縁層14をCVD法にて形成し、次いで、下層導体層12上の絶縁層14に例えばRIE法で開口部16を形成する(図1の(A)参照)。開口部の直径を0.6μmとした。

【0021】[工程-110]その後、次の工程で形成されるアルミニウム層の濡れ性改善のために、下地層18をスパッタ法にて開口部16内を含む絶縁層14全面に形成する(図1の(B)参照)。下地層18は、例えば、100nm厚さのTi膜から成る。収束式マルチチャンバスパッタ装置を用いて、下地層18を例えば以下の条件で形成する。

プロセスガス : Ar=100sccm

DCパワー : 4kW

スパッタ圧力 : 0.4Pa

基体加熱温度 : 150°C

【0022】[工程-120]引き続き、下地層18が酸化されないように、真空中で別のチャンバ内に半導体基板を搬送し、所謂高温アルミニウムスパッタ法にて下地層18上にアルミニウム層20(例えばAl-1%Siから成る)を堆積させる。絶縁層14上のアルミニウム層20の厚さを600nmとした。この高温アルミニウムスパッタ法においては、基体10の温度を500〜600°Cに制御する。高温アルミニウムスパッタの条

件を、例えば以下のとおりとした。

プロセスガス : Ar=100sccm

DCパワー : 10kW

スパッタ圧力 : 0.4Pa

基体加熱温度 : 550°C

成膜速度 : 600nm/分

【0023】絶縁層14上に堆積したアルミニウム層は流動状態となり、開口部16内に流入し、開口部16はAl系合金で確実に埋め込まれる。しかも、アルミニウム層20の成膜速度を300~600nm/分とすれば、成膜に要する時間は1~2分である。基体10の温度を500~600°Cに制御することによって、この時間内に下地層18中の全てのTiがAl系合金中のAlと反応して、チタン-アルミニウム合金層30となる。尚、このチタン-アルミニウム合金層30は、アルミニウムを50乃至58atomic%含む γ 相構造を有する。 γ 相構造であるかの分析は、オージェ電子分光法(AES)あるいはX線光電子分光法(XPS)にて行うことができる。

【0024】高温アルミニウムスパッタ法において、基体10の温度が600°Cを超えると、堆積中のアルミニウム層の一部が液相となり、アルミニウム層の表面が荒れるために好ましくない。また、基体10の温度が500°C未満では、下地層18中の全てのTiがAl系合金中のAlとは反応せずに、図4の(C)に示したように、チタンから成る下地層18が残ってしまう。

【0025】こうして、チタン-アルミニウム合金層30及びその上に堆積されたアルミニウム層20から成るアルミニウム系配線22が絶縁層14上に形成される(図1の(C)参照)。また、開口部16内にチタン-アルミニウム合金層30及びアルミニウム層20が埋め込まれた接続孔16Aが形成される。次いで、アルミニウム系配線22をパターニングして所望の配線24を完成させる(図1の(D)参照)。

【0026】以上のように、下地層18中の全てのTiを、アルミニウム層20の堆積時に安定なチタン-アルミニウム合金層30とすることによって、その後の熱処理工程においてTiとAlの合金化が進行することがない。

【0027】(実施例2)実施例2のアルミニウム系配線は実施例1と同様の構造を有する。実施例2においては、アルミニウムスパッタ法によるアルミニウム層の形成の後に、チタン-アルミニウム合金層を形成する。この方法は、開口部の直径が大きな場合に適する。

【0028】[工程-200]実施例1の[工程-100]と同様に、基体10上に形成された絶縁層14に例えばR1E法で開口部16を形成する。

【0029】[工程-210]その後、実施例1の[工程-110]と同様に、漏れ性改善のための下地層18を、スパッタ法にて開口部16内を含む絶縁層14全面

に形成する。下地層18は、例えば、100nm厚さのTi膜から成る。

【0030】[工程-220]引き続き、別のチャンバ内に半導体基板を搬送し、アルミニウムスパッタ法にて、下地層18上にアルミニウム層20(例えばAl-1%Siから成る)を堆積させる。絶縁層14上のアルミニウム層20の厚さを600nmとした。アルミニウムスパッタの条件を、例えば以下のとおりとした。

プロセスガス : Ar=100sccm

DCパワー : 10kW

スパッタ圧力 : 0.4Pa

基体加熱温度 : 150°C

実施例1と異なり、基体加熱温度を150°Cとした。この工程では、基体加熱温度が低いために、チタン-アルミニウム合金層は形成されない。こうして、図2の(A)に模式的な一部断面図を示す構造を得ることができる。

【0031】[工程-230]その後、別の熱処理チャンバ内に半導体基板を搬送し、基体10を550°C(500~600°Cの範囲であればよい)にて1分間(1~2分間の範囲であればよい)加熱する。これによって、下地層18中の全てのTiとアルミニウム層20中のAlとが反応し、 γ 相構造を有する安定なチタン-アルミニウム合金層30が形成される。こうして、チタン-アルミニウム合金層30及びその上に堆積されたアルミニウム層20から成るアルミニウム系配線22が絶縁層14上に形成される(図2の(B)参照)。また、開口部16内にチタン-アルミニウム合金層30及びアルミニウム層20が埋め込まれた接続孔16Aが形成される。

【0032】[工程-240]次いで、アルミニウム系配線22をパターニングして所望の配線を完成させる。

【0033】(実施例3)実施例3においては、実施例2と同様に、アルミニウムスパッタ法によるアルミニウム層20の堆積の後に、チタン-アルミニウム合金層30を形成する。実施例3におけるアルミニウム系配線は、チタン-アルミニウム合金層/アルミニウム層/チタン-アルミニウム合金層の3層構造を有する。

【0034】[工程-300]実施例1の[工程-100]と同様に、基体10上に形成された絶縁層14に例えばR1E法で開口部16を形成する。

【0035】[工程-310]その後、実施例1の[工程-110]と同様に、漏れ性改善のための下地層18を、スパッタ法にて開口部16内を含む絶縁層14全面に形成する。下地層18は、例えば、50nm厚さのTi膜から成る。

【0036】[工程-320]引き続き、別のチャンバ内に半導体基板を搬送し、アルミニウムスパッタ法にて、下地層18上にアルミニウム層20(例えばAl-1%Siから成る)を堆積させる。絶縁層14上のアル

ミニウム層20の厚さを600nmとした。アルミニウムスパッタの条件は、実施例2の〔工程-220〕と同様とすることができる。実施例2と同様に、基体加熱温度を150°Cとしたので、この工程ではチタン-アルミニウム合金層は形成されない。

【0037】〔工程-330〕引き続き、下地層18を形成したチャンパ内に半導体基板を再び搬送し、実施例1の〔工程-110〕と同様に、スパッタ法にてアルミニウム層20の上にTi層32を形成する。Ti層32は、例えば、50nm厚とした。こうして、図3の(A)に模式的な一部断面図を示す構造を得ることができる。

【0038】〔工程-340〕その後、別の熱処理チャンパに基板を搬送し、基体10を550°C(500~600°Cの範囲であればよい)にて1分間(1~2分間の範囲であればよい)加熱する。これによって、下地層18中の全てのTiとアルミニウム層20中のAlとが反応し、 γ 相構造を有する安定なチタン-アルミニウム合金層30が形成される。また、アルミニウム層20上のTi層32の全てもアルミニウム層20中のAlと反応し、 γ 相構造を有する安定なチタン-アルミニウム合金層34が形成される。こうして、チタン-アルミニウム合金層34/アルミニウム層20/チタン-アルミニウム合金層30の3層構造のアルミニウム系配線22が絶縁層14上に形成される(図3の(B)参照)。また、開口部16内にチタン-アルミニウム合金層30及びアルミニウム層20が埋め込まれた接続孔16Aが形成される。

【0039】〔工程-350〕次いで、アルミニウム系配線22をパターニングして所望の配線を完成させる。

【0040】以上、本発明を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。実施例にて説明した各種条件や数値は例示であり、適宜変更することができる。場合によっては、Tiから成る下地層18の形成を省略し、アルミニウム系配線を、アルミニウム層、及びその上に積層されたチタン-アルミニウム合金層の2層構造とすることもできる。

【0041】下層導体層として、Al系合金から成る下層配線層だけでなく、タングステン等あるいは各種シリサイドやポリシリコンから成る下層配線層、あるいはゲート電極等の各種電極、場合によっては拡散層を挙げることができる。

【0042】また、Tiから成る下地層18を形成しあるいはアルミニウム層20上にTi層32を形成する代わりに、ジルコニウム(Zr)から成る下地層を形成しあるいはアルミニウム層上にZr層を形成してもよい。

【0043】

【発明の効果】本発明のアルミニウム系配線においては、従来技術のようにTiから成る下地層が存在せず、Tiから成る下地層の全てはチタン-アルミニウム合金

層となる。その結果、本発明のアルミニウム系配線においては、従来のアルミニウムスパッタ法にて形成される配線構造のようにチタン層が存在せず、従来の技術における上層絶縁層のクラックの発生、あるいは下層導体層と接続孔との間の電氣的接続の信頼性の低下を防止することができる。

【0044】また、チタン-アルミニウム合金層を、アルミニウムを50乃至58atomic%含む組成的に幅のある γ 相構造を有する合金層とすることによって、安定した合金層を得ることができる。この場合、 γ 相のチタン-アルミニウム合金層の抵抗率は30 $\mu\Omega\cdot\text{cm}$ 程度であり、アルミニウムの抵抗率より高いが、エレクトロマイグレーションやストレスマイグレーションによってアルミニウム層に断線が生じた場合でも、完全断線を防止することができる。Ti層から生成されるチタン-アルミニウム合金層の厚さは、Ti層の厚さの約2倍となる。また、チタン-アルミニウム合金層の抵抗率はTi層の約1/2である。そのため、完全断線の防止はTi層よりも効果的である。

【0045】実施例3にて説明したような、アルミニウム層の上にチタン-アルミニウム合金層を形成すれば、このような構造のアルミニウム系配線の上に層間絶縁層を介して更に上層配線を形成し、接続孔でこれらの配線を接続する場合、アルミニウム系配線と上層配線との間の電氣的接続の信頼性を一層向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1のアルミニウム系配線を形成する方法を説明するための各工程における半導体素子等の模式的な一部断面図である。

【図2】実施例2のアルミニウム系配線を形成する方法を説明するための各工程における半導体素子等の模式的な一部断面図である。

【図3】実施例3のアルミニウム系配線を形成する方法を説明するための各工程における半導体素子等の模式的な一部断面図である。

【図4】従来の高温アルミニウムスパッタ法を説明するための各工程における半導体素子等の模式的な一部断面図である。

【図5】従来の技術における問題点を説明するための半導体素子等の模式的な一部断面図である。

【符号の説明】

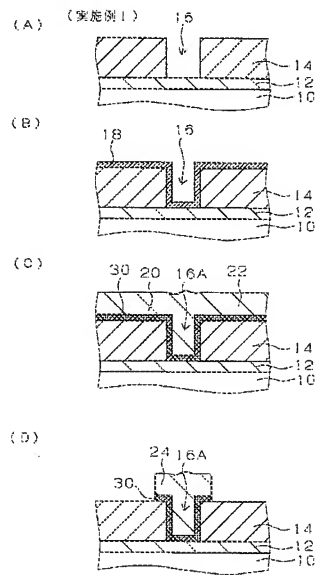
- 10 基体
- 12 下層導体層
- 14 絶縁層
- 16 開口部
- 16A 接続孔
- 18 下地層
- 20 アルミニウム層
- 22 アルミニウム系配線
- 24 配線

26 上層絶縁層

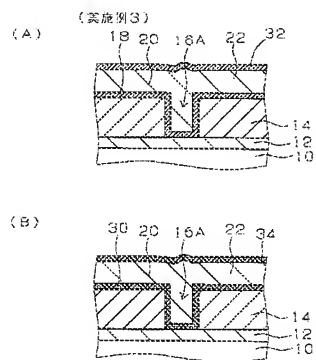
30, 34 チタン-アルミニウム合金層

32 Ti層

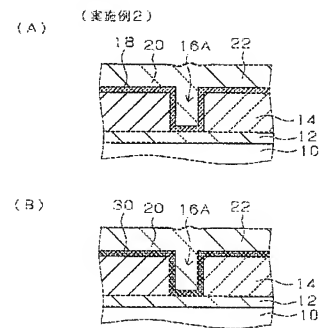
【図1】



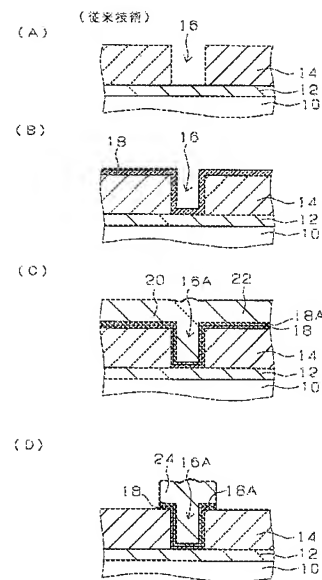
【図3】



【図2】



【図4】



(7)

特開平6-349833

【図5】

(従来の技術の問題点)

